

MODELOWANIE I OPTIMALIZACJA INFRASTRUKTURY KOMUNIKACYJNEJ WIELKIEJ AGLOMERACJI NA PRZYKŁADZIE AGLOMERACJI KRAKOWSKIEJ

Józef W. MORYL, Wacław PRZYBYŁO

Streszczenie: Praca dotyczy rozwiązania problemu transportu osobowego w Krakowie, oraz w Krakowskim Zespole Miejskim (**KZM**), odpowiadającym terenowi województwa małopolskiego. Rozwiązanie bazuje na wykorzystaniu istniejącej i planowanej sieci kolejowej do stworzenia **SKM** (Szybkiej Kolei Miejskiej), zintegrowanej z innymi podsystemami komunikacyjnymi. Zastosowano metodę AHP. [1] Niniejsza praca jest poświęcona Pamięci **Józefa W. MORYLA** (+2009) - autora koncepcji [1],[2]. **Józef W. MORYL** rozwijał tę koncepcję przez okres ponad trzydziestu pięciu lat i uparcie próbował zainteresować nią kolejne władze miasta i województwa. Jak dotychczas bezskutecznie.

Słowa kluczowe: Szybka kolej miejska, Duża aglomeracja, Kraków, AHP.

1. Wprowadzenie

Rozumiana w nowoczesny sposób komunikacja to nie tylko przemieszczanie ludzi, towarów, energii i informacji, lecz również czynnik kształtujący nasze środowisko. Od jakości rozwiązań komunikacyjnych zależy, czy zajmowana przez nas „nisza ekologiczna” wydaje się nam komfortowa, czy też stwarza liczne problemy w codziennym życiu.

Kraków ma wyraźnego pecha do rozwiązań komunikacyjnych; w godzinach szczytu średnią szybkość przejazdu samochodem przez centrum miasta ocenia się na 5-15 km/h. Oprócz chronicznego niedoinwestowania sieci drogowej oraz pozostałej infrastruktury komunikacyjnej druga podstawowa przyczyna takiego stanu rzeczy leży w rozbracie z rzeczywistością wcześniejszych prognoz rozwoju motoryzacji. Nieliczne połączenia kolejowe oraz znikoma ilość przystanków kolejowych na terenie Krakowa – na domiar złego bardzo kiepsko skomunikowanych z transportem miejskim – stwarzają ogromne kłopoty tym mieszkańcom regionu, którzy pragną odwiedzić miasto oraz turystom.

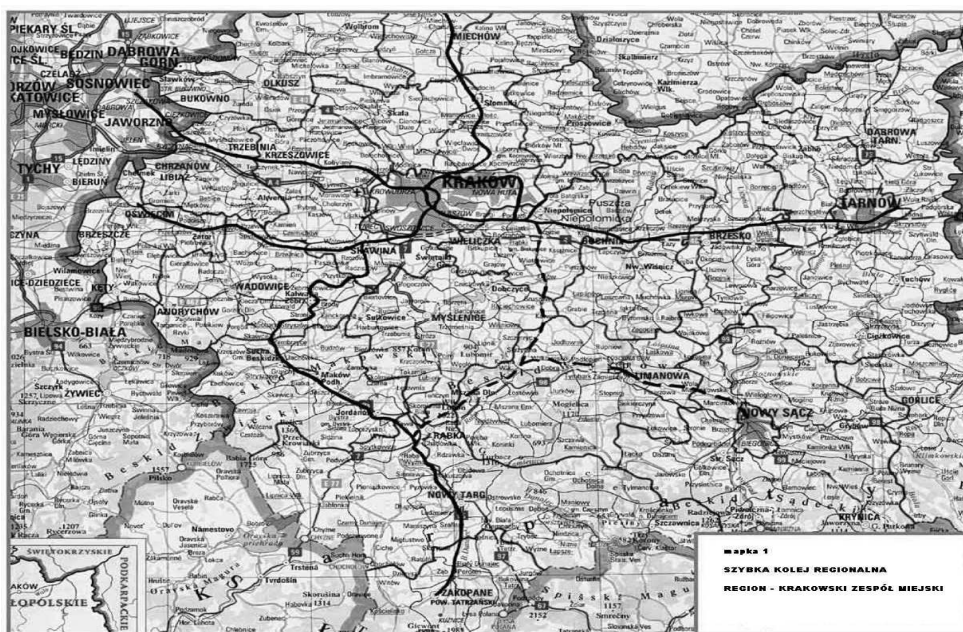
Należy prognozować, iż zapotrzebowanie na transport osobowy wzrośnie w najbliższych latach z tytułu poszukiwania miejsc pracy poza terenem zamieszkania, rozwoju szkolnictwa wyższego oraz upowszechniania rozmaitych form turystyki, rekreacji. Ważnym czynnikiem wymuszającym poszukiwanie nowych rozwiązań komunikacyjnych jest suburbanizacja, czyli stopniowe wyludnianie centrum miasta na rzecz obszarów podmiejskich. Potrzeby komunikacyjne mieszkańców tych stref zaspokaja obecnie głównie indywidualna komunikacja samochodowa – co powoduje nadmierne zatłoczenie dróg dojazdowych w szczyt porannym i popołudniowym. To niekorzystne zjawisko prowokowane jest w znacznym stopniu przez niski poziom usług komunikacji zbiorowej.

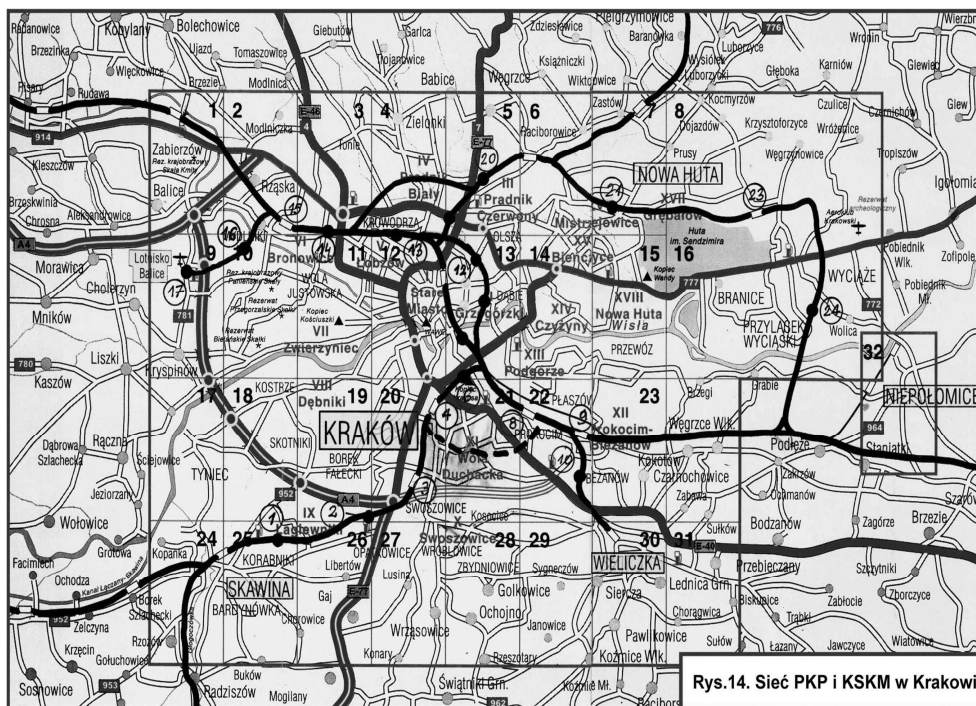
Niniejsza praca dotyczy rozwiązania problemu transportu osobowego nie tylko w samym Krakowie, ale w Krakowskim Zespole Miejskim (**KZM**) – czyli mieście i ciężącym ku niemu ekonomicznie i kulturalnie obszarze, z grubsza odpowiadającym terenowi województwa małopolskiego. Rozwiązanie bazuje na wykorzystaniu istniejącej i

planowanej sieci kolejowej do stworzenia **SKM** (Szybkiej Kolei Miejskiej) zintegrowanej z innymi podsystemami komunikacyjnymi.

W odróżnieniu od wcześniejszych wariantów proponowane tutaj rozwiązanie ma charakter kompleksowy. Osią systemu są tory kolejowe, po których kursują z dużą częstotliwością lekkie pojazdy szynowe. Znaczna ich część przystosowana jest również do poruszania się po torowiskach tramwajowych (pojazdy dwusystemowe). Na obszarze największego natężenia potoków pasażerskich linie tramwajowe, autobusowe i ewentualnie mikrobusowe są skierowane z grubsza prostopadłe ku tej osi oraz połączone z nią odpowiednimi podwójnymi przystankami, podnoszącymi komfort przesiadek. Potrzeby mieszkańców stref mniej ruchliwych zaspokajają tradycyjna sieć autobusowa i tramwajowa – tak pomyślana, że jej końcowe przystanki są również przystankami SKM. Na obszarach rzadko zabudowanych przy przystankach SKM powstają parkingi typu Park & Ride, zachęcające do pozostawienia samochodu poza miastem i kontynuowania podróży środkami komunikacji zbiorowej. Wymaga to oczywiście ujednocnienia nie tylko projektowania sieci i rozkładów jazdy, ale również uzgodnienia wielu innych, pozornie drobnych spraw – jak np. możliwości korzystania z jednego biletu przy przesiadaniu się z SKM na autobus lub tramwaj.

2. Krakowski węzeł komunikacyjny





Rys. 1. Krakowski węzeł kolejowy

Krakowski węzeł kolejowy (rys.1.) mieści się w prostokącie o wymiarach 22 km w kierunku północ-południe i 26 km w kierunku wschód-zachód – z centralnie położonym dworcem Kraków Główny Osobowy. Stacje wlotowe to Mydlniki, Batowice, Podłęże, Skawina. Na obszarze tym były i są podejmowane zadania modernizacyjne w celu poprawy warunków eksploatacyjnych i usprawnienia obsługi podróźnych.

Dla ruchu lokalnego i podmiejskiego udało się na razie utworzyć następujące przystanki: Łobzów, Kokotów, Węgrzce Wielkie, Lubocza, Nowa Huta, Podgrabie-Wisła, Bieżanów Drożdżownia, Sidzina, Zabłocie. Do wykonania zostały: Bronowice Wielkie, Osiedle Widok, Prądnik Czerwony, Opolska, Krowodrza, Pilotów, Aleja Pokoju, Grzegórzki, Balicka, Lotnisko. W ramach rozbudowy przyjmowano możliwość realizacji układu torowego przeznaczonego wyłącznie dla ruchu podmiejskiego w formie pierścieni opartych o linię średnicową z dobudowaną drugą parą torów. Planowano również rozbudowę sieci (prawie o 100 km, obwodnice „Rybna” i „Południowa”). Na uwagę zasługuje koncepcja nowej linii kolejowej Kraków – Podłęże – Gdów – Kasina Wielka, łączącej się z linią do Zakopanego; jej budowa została włączona do planu na najbliższe lata. Prawie ukończono modernizację dworca Kraków Główny z parkingiem dachowym na kilkaset samochodów – rdzeń przyszłego centrum komunikacyjnego Krakowa, które ma zostać zbudowane przez amerykańską firmę w najbliższych kilku latach nakładem około pół miliarda dolarów. Reszta pozostała w sferze pomysłów.

Czynniki, które przemawiają za zintegrowanym transportem szynowym jako optymalnym rozwiązaniem komunikacyjnym to:

- ❖ zużycie energii na 1 pasażera i 100km (31kWh dla samochodu osobowego, 4kWh dla autobusu, 2,4kWh dla tramwaju i 0,1kWh dla szybkiej kolei miejskiej);
- ❖ szybkość podróżowania (około 60km/h w centralnym obszarze miasta);
- ❖ bezpieczeństwo (dziesięciokrotnie niższa ilość wypadków w porównaniu z osobowym transportem samochodowym);
- ❖ względy ekologiczne (kolej wykorzystuje energię ze względnie „czystych” źródeł, jakimi są elektrociepłownie zaopatrzone w filtry i inne urządzenia zabezpieczające).

Obiektywną ocenę wpływu tych i innych czynników na ostateczną wersję wyboru najodpowiedniejszego wariantu rozwoju komunikacji osobowej wykonano metodą AHP (Analytical Hierarchy Process). [1].

3. Zastosowanie metody AHP

3.1 Opis metody AHP [1]

Przy rozwiązywaniu dowolnego problemu istnieją dwa podstawowe podejścia: dedukcyjne oraz systemowe. Podejście dedukcyjne koncentruje się na segmentach (częściach), a systemowe – na pracy całości. AHP łączy te dwa podejścia w zintegrowany, logiczny kompleks. W posługiwaniu się tą metodą można wyodrębnić trzy etapy:

- ❖ przedstawienie rozpatrywanego problemu w postaci hierarchicznej, która wyraża jego strukturę;
- ❖ wyznaczanie priorytetów (wag) – tj. ustalanie relatywnej ważności wszystkich elementów;
- ❖ ocena logicznej zgodności otrzymanych wyników.

Hierarchie można podzielić na dwa rodzaje: strukturalne i funkcjonalne. W hierarchiach strukturalnych złożony system jest zbudowany z części składowych w porządku schodzącym. Hierarchia funkcjonalna rozkłada złożony system do ich istotnych relacji. Hierarchie funkcjonalne pomagają sterować systemem do pożądanego celu, np. rozwiązania konfliktu, efektywnego podziału środków.

Na każdym poziomie hierarchicznym znajdują się porównywalne między sobą składowe problemu. Należą do nich:

- kryteria,
- subkryteria,
- uczestnicy zainteresowani problemem,
- cele uczestników,
- polityki uczestników zmierzające do osiągnięcia celów,
- scenariusze rozwoju (optymistyczny, *status quo* i pesymistyczny),
- czas (podzielony na okresy horyzont czasowy),
- warianty rozwiązań.

W praktyce stosowania AHP przyjmuje się, że poziomów hierarchii nie powinno być więcej niż 7-9, a najlepiej 5-7. W prostych przypadkach budowa struktury hierarchicznej nasuwa się sama, ale dla złożonych zadań jest trudna i wymaga starannego przygotowania.

Następnym krokiem po zbudowaniu struktury problemu w postaci hierarchicznej jest zbudowanie macierzy ocen, w której eksperci wyrażają swoje opinie o ważności wszystkich elementów hierarchii. Wyróżniamy dwa rodzaje porównań: absolutne i relatywne. W porównaniach absolutnych elementy są porównywane ze standardami wypracowanymi doświadczalnie, natomiast w relatywnych porównuje się je parami

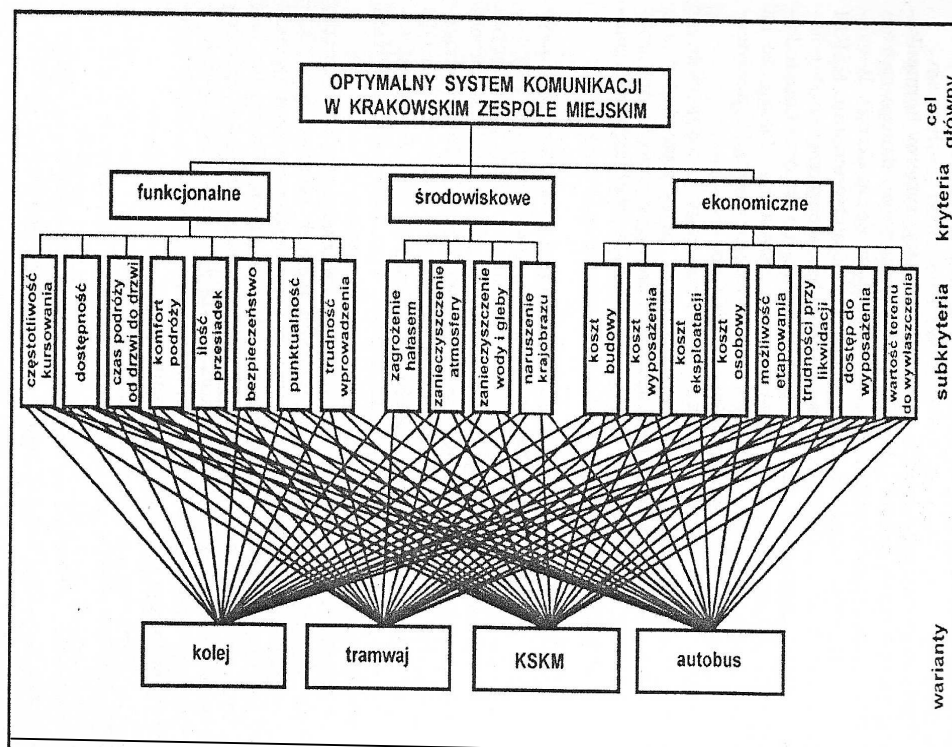
względem wspólnych cech.

Do oceny ważności potrzebna jest skala ocen. Powszechnie stosowane skale (długości, temperatury, czasu, pieniądza etc.) są niewystarczające i dlatego w AHP przyjęto nową skalę porównań parami (stosunków), która pozwala równocześnie ocenić cechy (kryteria) ilościowo oraz jakościowo.

Zasady tworzenia skali porównań ujmują tabela [1],[2]. Wartości parzyste (2,4,6,8) stosuje się wtedy, gdy wybór jednej z dwóch kolejnych liczb nieparzystych następuje z trudnością (konieczny jest kompromis). Jeśli działania „i” w porównaniu z działalnością „j” przypisujemy jedną z podanych obok liczb, to działalności „j” w porównaniu z działalnością „i” przypisuje się odwrotność tej liczby.

3.2. Schemat blokowy całego układu

Na poziomie I sformułowany został podstawowy cel do osiągnięcia, tj. optymalny system komunikacji osobowej w Krakowskim Zespole Miejskim.



Rys. 2. Schemat blokowy układu

Na poziomach II i III sformułowano kryteria i subkryteria, które powinny obiektywnie ujmować zestaw podstawowych czynników wpływających na jakość rozwiązań komunikacyjnych. Konieczne było tutaj dokonanie wyboru spośród wielu innych, czasem także ważnych kryteriów – bowiem w metodzie AHP uwzględnienie zbyt dużej ich ilości powoduje nadmierną komplikację przy małym prawdopodobieństwie uzyskania

dokładniejszych wyników. Wybrane kryteria należy zatem traktować jako wskaźnikowe, przynajmniej w pewnym stopniu reprezentatywne również dla pominiętych. Sądzę, iż to świadomie przyjęte uproszczenie nie zniekształciło w istotny sposób końcowych wyników analizy. Wybór obejmuje trzy kryteria i dwadzieścia subkryteriów.

Subkryteria kryterium środowiskowego K1 nie odnoszą się bezpośrednio do komunikacji, lecz do konsekwencji, jakie istnienie i użytkowanie środków transportu wprowadza w naturalnym otoczeniu człowieka.

K11	zagrożenie hałasem oraz wibracjami o częstotliwościach infra- i ultradźwiękowych; ich szkodliwość jest gruntownie udokumentowana;
K12	zanieczyszczenie powietrza – ze znanymi konsekwencjami dla zdrowia mieszkańców i efektu cieplarnianego;
K13	naruszenie walorów krajobrazu – o ile jest on wart ochrony – np. prowadzenie trasy przez tereny chronione, konieczność usunięcia wartościowych obiektów, drzew <i>et cetera</i> ; niekorzystne zmiany wyglądu otoczenia linii transportowej;
K14	zanieczyszczenie wód gruntowych i gleby, wpływające negatywnie na jakość upraw w otoczeniu dróg i wody z ujęć podziemnych.

KRYTERIA	funkcjonalne K2	środowiskowe K1	ekonomiczne K3	
Subkryteria	K21	dostępność	K11 Zagrożenie hałasem	K31 koszt budowy
	K22	ogólny czas podróży	K12 Zanieczyszczenia atmosfery	K32 koszt wyposażenia
	K23	komfort podróży	K13 naruszenie krajobrazu	K33 koszt eksploatacji
	K24	ilość przesiadek	K14 Zanieczyszczenia wody i gleby	K34 koszt osobowy
	K25	punktualność		K35 możliwość etapowania
	K26	bezpieczeństw o trudności		K36 dostęp do wyposażenia
	K27	wprowadzenia systemu		K37 trudności przy likwidacji
	K28	częstotliwość kursowania		K38 wartość terenu do wywłaszczenia

Subkryteria kryterium funkcjonalności K2 – ważne przede wszystkim dla samych pasażerów – decydują o komforcie podróży. Skomentowania wymaga brak w zestawieniu bardzo istotnej w społecznym odczuciu ceny za usługę. Otóż, w publicznych środkach komunikacji reguły gry rynkowej nigdy nie są do końca spełnione, więc cena ta jest i pewnie nadal będzie wyznaczana administracyjnie. W proponowanym systemie komunikacyjnym zakłada się wspólną taryfę na przejazdy wszystkimi podsystemami komunikacji publicznej.

K21	dostępność, rozumiana jako czas dojścia lub dojechania do początkowego i końcowego przystanku KSKM;
K22	ogólny czas podróży – od drzwi do drzwi;
K23	komfort podróży – wygoda w czasie jazdy, hałas wewnątrz pojazdu, możliwość czytania, odstawienia bagażu <i>et cetera</i> ;
K24	ilość przesiadek – im mniej, tym lepiej, najkorzystniej bez przesiadek;
K25	punktualność – prawdopodobieństwo opóźnień;
K26	bezpieczeństwo – prawdopodobieństwo wypadków powodujących utratę zdrowia lub życia;
K27	trudności wprowadzenia systemu – czas potrzebny na usunięcie ewentualnych usterek i przyzwyczajanie się podróżnych do nowego stanu rzeczy;
K28	częstotliwość kursowania – ilość przejazdów na godzinę.

Subkryteria kryterium ekonomicznego K3 obejmują czynniki określające koszt stworzenia i eksploatacji oraz opłacalność systemu, ważne dla inwestorów i właścicieli sieci.

K31	koszt budowy tras, przystanków i innej infrastruktury;
K32	koszt wyposażenia (tabor itp.);
K33	koszt eksploatacji – utrzymanie ruchu, naprawy, amortyzacja;
K34	koszty osobowe, proporcjonalne do ilości zatrudnionych na 1000 pasażerokilometrów;
K35	Możliwość etapowania – ocenia taką właściwość rozwiązania etapowego, które choć niepełne, jest jednak funkcjonalnie sprawne i może być rozbudowane w przyszłości;
K36	Dostęp do wyposażenia – możliwość zakupu w pożądanym terminie;
K37	Trudności przy likwidacji – o ile bierze się pod uwagę potrzebę likwidacji infrastruktury transportowej;
K38	Wartość terenów wymagających wywłaszczenia.

Poziom IV obejmuje wariantowe podsystemy komunikacyjne: kolej, tramwaj, KSKM oraz autobus.

3.3. Przebieg procedury AHP

1. Wyznaczenie wartości własnej każdej macierzy i odpowiadającego jej wektora własnego.
2. Powtórzenie czynności 3, 4 i 5 tyle razy, ile jest w sumie macierzy porównań na wszystkich poziomach hierarchii.
3. Wyznaczenie priorytetu całościowego na podstawie priorytetów cząstkowych.
4. Sprawdzenie zgodności ocen ekspertów i zgodności przyjętej hierarchii poprzez obliczenie popełnionych błędów, których wielkość nie może przekroczyć 10%.
5. Zdefiniowanie problemu i opisanie pożądanego rozwiązania; w niniejszej pracy jest to oczywiście optymalny system komunikacji w Krakowskim Zespole Miejskim.
6. Strukturalizacja problemu poprzez wydzielenie hierarchii od poziomu najwyższego, którym jest cel całościowy (najogólniejszy), poprzez odpowiednie poziomy pośrednie aż do najniższego, który zapewnia rozwiązanie problemu.
7. Konstrukcja macierzy porównań parami ważności wszystkich elementów względem celu lub kryterium bezpośrednio wyższego poziomu.
8. Wyznaczenie wszystkich $n(n-1)/2$ ocen dla każdej macierzy z punktu 3.

3.4. Zalety metody AHP

Do zalet metody AHP należy zaliczyć:

- ❖ uniwersalność, polegającą na możliwości uwzględnienia dużej liczby czynników;
- ❖ szybkość i prostotę, z jaką można przedstawić strukturę problemu i przeprowadzić jego analizę;
- ❖ elastyczność przy jej rewizji i przydatność jej założeń do przeprowadzenia dyskusji i ustalenia obszarów zgodności, gdy pojawia się konflikt;
- ❖ łatwość, z jaką metoda może być wdrożona bez dużych nakładów;
- ❖ generowanie twórczych rozwiązań przez procedurę metody;
- ❖ krótkie i logiczne przedstawienie wyników analizy.

4. Interpretacja wyników obliczeń

Priorytety końcowe (globalne) zamieszczono w tabeli poniżej.

środek komunikacji	procent [%]	wskaźnik
Kolej	27,1	0,79
Tramwaj	20,8	0,61
KSKM	34,2	1,00
Autobus	17,9	0,52

Z ich porównania wynika zdecydowana przewaga systemu SKM. Zadecydowały o tym głównie subkryteria: zagrożenie hałasem, zanieczyszczenie atmosfery, czas podróży, dostępność, bezpieczeństwo.

4.1. Udział i charakterystyka poszczególnych rodzajów komunikacji według SKM

- ❖ **Kolej.** Zmiany w stosunku do stanu obecnego polegają głównie na tym, że pociągi osobowe nie będą musiały zatrzymywać się na niektórych przystankach obsługiwanych przez SKM – co skróci czas pokonywania trasy w obrębie KZM, a zatem poprawi jakość usług PKP. Dla wygody pasażerów, którzy nie chcą zakończyć podróży na dworcu głównym należy stworzyć wygodne węzły przesiadkowe na końcowych przystankach SKM (ewentualnie na innych, raczej nielicznych) – najlepiej na wspólnych peronach. Udział kolei w ruchu pasażerskim w obrębie KZM będzie zatem niewielki – tym bardziej, że w opisywanym wariantcie zbędne są linie podmiejskie (np. Kraków – Wieliczka).
- ❖ **Tramwaj.** Zbędne staną się w zasadzie linie tramwajowe równoległe do tras SKM. Tam, gdzie ich zachowanie okaże się technicznie i ekonomicznie uzasadnione, winny być dobrze skomunikowane z przystankami SKM – najlepiej poprzez wykorzystanie wspólnych peronów. W obszarach miasta nie obsługiwanych przez SKM należy przeanalizować, czy ich roli nie może przejąć komunikacja autobusowa. **Nowe linie** tramwajowe powinny być budowane wyłącznie dla pojazdów dwusystemowych.
- ❖ **Autobus.** Sieć autobusowa powinna zapewnić obsługę odległych do przystanków SKM obszarów miasta i gmin sąsiednich – i oczywiście musi być z tą siecią dogodnie skomunikowana (najlepiej, jak w przypadku tramwaju, poprzez wspólne perony). Środki inżynierii ruchu powinny stworzyć przywileje dla ruchu autobusowego.

Postępująca już wymiana taboru poprawia jego parametry techniczne i ekologiczne. Celowe będzie wzbogacenie taboru o mini- i midi - busy. Przepuszczalny udział podsystemów transportu osobowego w zaspokajaniu potrzeb komunikacyjnych po realizacji przedstawionego modelu

środek komunikacji	w obrębie miasta [%]	poza miastem [%]
Kolej	1	10
Tramwaj	15 – 20	–
KSKM	25 – 30	25
Autobus	25 –30	25
motoryzacja indywidualna	25	30
Pozostałe	Reszta	10

Powyższe wskaźniki należy traktować zarazem jako prognozę i jako stan pożądany.

Celem oceny wrażliwości kryteriów przyjęto inne niż omówione poprzednio wielkości priorytetów i sporządzono dla nich odpowiednie tabele zbiorcze. Dane z tabel zbiorczych dla nowych wartości kryteriów przedstawia tabela poniżej (**p** – priorytet, **w** – wskaźnik).

środowiskowe funkcjonalne ekonomicznie	Normalna [%]	Środowiskowe [%]	funkcjonalne [%]	ekonomiczne [%]				
	32,7	45,0	22,3	17,7				
	41,3	33,7	60,0	22,3				
	26,0	21,3	17,7	60,0				
priorytety globalne dla różnych proporcji kryteriów								
kolej tramwaj KSKM autobus	p[%]	w	p[%]	W	p[%]	w	p[%]	w
	27,8	0,82	28,0	0,81	27,8	0,82	27,5	0,88
	20,6	0,61	20,7	0,60	19,8	0,58	22,3	0,71
	34,0	1,00	34,7	1,00	34,1	1,00	31,2	1,00
17,6	0,52	16,6	0,48	18,3	0,54	19,0	0,61	

4.2. Wnioski z analizy

- ❖ priorytety globalne dla wariantu „SKM” zdecydowanie górują nad pozostałymi: najbardziej dla autobusu, średnio dla tramwaju, najmniej dla kolei – we wszystkich kombinacjach wag według kryteriów środowiskowych, funkcjonalnych i ekonomicznych;
- ❖ wrażliwość priorytetów jest stosunkowo niewielka;
- ❖ wariant „autobus” zyskuje na priorytecie przy wzroście znaczenia kryteriów ekonomicznych, traci natomiast przy wzroście kryteriów środowiskowych i funkcjonalnych;
- ❖ wariant „SKM” zyskuje na priorytecie przy wzroście znaczenia kryteriów środowiskowych i funkcjonalnych, traci przy wzroście kryteriów ekonomicznych – zachowując jednak ciągle przewagę nad pozostałymi.

5. Podsumowanie i wnioski

Spodziewane efekty zastosowania proponowanego rozwiązania to:

1. Przejęcie do 1/3 ruchu komunikacji osobowej w granicach miasta oraz około 1/4 w pozostałej części regionu przez SKM, co:
 - a) zmniejszy (przy ograniczonym udziale restrykcji administracyjnych) indywidualny ruch samochodowy mieszkańców,
 - b) na długich odcinkach skróci radykalnie czas przejazdu w mieście,
 - c) umożliwi w zasadzie rezygnację z budowy nowych konwencjonalnych linii tramwajowych, a także ograniczy w dużym stopniu konieczność budowy linii szybkiego tramwaju,
 - d) stworzy podstawowy warunek integracji miasta z regionem.
2. Istotne skrócenie czasu dojazdu dla pasażerów z szeroko rozumianej strefy podmiejskiej KZM (o promieniu 30-40km od centrum, a w przyszłości może nawet więcej), bo SKM dotrze w krótkim czasie do wielu przystanków w mieście.
3. Zasadnicza poprawa warunków środowiskowych – zwłaszcza pod względem hałasu i czystości powietrza atmosferycznego – dzięki zmniejszeniu ruchu samochodowego.
4. Poprawa bezpieczeństwa.
 - a) Dzięki rezygnacji z budowy nowych konwencjonalnych linii tramwajowych oraz zmniejszeniu eksploatacji niektórych wcześniej istniejących (zwłaszcza w zabudowanym centrum) i przeznaczaniu zwolnionych pasów ruchu na wydzielone pasma dla komunikacji zbiorowej autobusowej i pojazdów specjalnych (straż pożarna, pogotowie, policja itp.).
 - b) Dzięki przewidywanemu zmniejszeniu natężenia ruchu samochodowego. Ruch ten jest przyczyną wielu wypadków; na obszarze KZM w wypadkach drogowych zginęło w roku 1998 około 700 osób, poszkodowanych zostało około 6.500. Wypadkowość w transporcie szynowym jest znacząco mniejsza. Zmniejszenie ruchu samochodowego w Krakowskim Zespole Miejskim o 15% może uratować życie 50-60 osobom rocznie i uchronić od kalectwa w przybliżeniu dziesięciokrotnie większą ilość osób oraz ograniczyć koszty spowodowane wypadkami w regionie (szacowane na około 300mln zł rocznie).
5. Możliwość zniesienia niektórych uciążliwych ograniczeń dla indywidualnej motoryzacji dzięki rozgęszczeniu ruchu samochodowego w mieście, a w każdym razie zahamowanie rozszerzania restrykcji.
6. Zwiększenie atrakcyjności turystycznej miasta dzięki łatwiejszemu dostępowi do obiektów w mieście i regionie ważnych z tego punktu widzenia.
7. Wyjątkowo krótki czas dojazdu z lotniska komunikacją kolejową do głównych węzłów komunikacyjnych w mieście i regionie – przynajmniej jak na warunki europejskie [66]. Jest to szczególnie ważne dla biznesu i ruchu turystycznego.
8. Stworzenie korzystnych warunków dla komunikacji rowerowej dzięki parkingom rowerowym na przystankach SKM.
9. Ograniczenie budowy nowych parkingów samochodowych – z reguły do miejsc przy niektórych przystankach SKM – czyli tam, gdzie nie stwarza to problemów lokalizacyjnych (na obrzeżach zabudowy). Powinno to zachęcić również kierowców spoza miasta i strefy podmiejskiej (przyjeżdżających jednorazowo) do pozostawienia tam samochodów i korzystania w mieście z komunikacji publicznej.
10. Skrócenie czasu zakupów i korzystania z usług w przypadku wyposażenia przystanków w punkty handlowe i usługowe. Wszystkie istniejące w Krakowie

- supermarkety zlokalizowane są przy proponowanych szlakach SKM, co udostępni mieszkańcom regionu łatwe korzystanie z ich oferty handlowej.
11. Zwiększenie areалу atrakcyjnych terenów pod zabudowę miejską (położonych blisko przystanków SKM), co podniesie dochody gmin dzięki opłatom adiacenckim i będzie poważnym źródłem ewentualnego finansowania inwestycji komunikacyjnych.
 12. Niewątpliwe zmniejszenie kosztów budowy i eksploatacji w stosunku do rozwiązań alternatywnych. Wystarczy wymienić rezygnację z budowy około 400 m tunelu o głębokości 5 m w centrum zabudowy miejskiej dla „szybkiego tramwaju”, a także z rozciągania połączeń autobusowych do obszarów obsługiwanych przez SKM.
 13. Umożliwienie powstania atrakcyjnych lokalizacji nowych miejsc pracy w przemyśle i usługach dla mieszkańców KZM – dzięki wygodnemu dojazdowi.
 14. Rozwój budownictwa w zasięgu SKM, lecz poza obecnymi obszarami zurbanizowanymi. Usunięcie niektórych uciążliwych zakładów poza obręb miasta.
 15. Zmniejszenie wydatków na rozbudowę i eksploatację infrastruktury drogowej. Obecne plany rozbudowy sieci dróg w celu przystosowania jej do dynamicznie wzrastającego ruchu samochodowego kładą się ciężkim brzemieniem na budżecie miasta, co wymusza ograniczanie innych ważnych wydatków (np. remonty ulic).
 16. Możliwość szybkiego dojazdu do centrum miasta korzystnie wpłynie na rozmieszczenie infrastruktury - hoteli, kempingów, obiektów sportowych, domów akademickich itp., poza obszarem zurbanizowanym, ale w zasięgu SKM.
 17. Przejście od PKP nierentownych obecnie połączeń kolejowych przez miejskiego przewoźnika i poprawa ich opłacalności dzięki zwiększeniu ilości podróźnych.
 18. Poprawa niezawodności i punktualności komunikacji – charakterystyczna dla transportu szynowego na wyodrębnionych torowiskach;
 19. Ograniczenie kosztów i zmniejszenie zakłóceń funkcjonowania komunikacji w warunkach zimowych.
 20. Udostępnienie – w większym stopniu niż obecnie – miejsc rekreacji oraz wypoczynku na atrakcyjnych terenach, tworzenie nowych ośrodków.
 21. Zmniejszenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych w porównaniu z zakresem zadań realizowanych w innym systemie komunikacji zbiorowej.

Literatura

1. Moryl J.W. :Jak odkorkować Kraków. Cracow Inst. of Technology, Kraków 1999.
2. Moryl J.W.: Application of the Analytical Hierarchy Method to the Optimum Design of Public Transport System, LSCE Sem., Warsaw, 3 Dec. 1999, pp. 38-43.

Mgr inż. Józef W. MORYL (zmarł w listopadzie 2009 r.)
Prof. WAT dr hab. inż. Wacław PRZYBYŁO
Katedra Budownictwa, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: przybylo@fema.pl